



## Solubilização microbiológica do fósforo no manejo nutricional da videira

André Abner Oliveira Simões SANTOS <sup>1</sup>, Bruno Gabriel Amorim BARROS <sup>\*1</sup>,  
Yasmin Laura Silva OLIVEIRA <sup>1</sup>, Daniel Fagner da Silva DUTRA <sup>1</sup>,  
Meridiana Araujo GONÇALVES <sup>1</sup>, Daniela Ribeiro SILVA <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, Brasil.  
\*E-mail: [brunoamorimagro@outlook.com](mailto:brunoamorimagro@outlook.com)

Submetido: 27/02/2025; Aceito: 23/10/2025; Publicado: 28/11/2025.

**RESUMO:** A biodisponibilização de fósforo para o manejo integrado de fertilizantes fosfatados consiste na utilização de microrganismos que tornem este elemento solúvel para as plantas de forma natural. O estudo avaliou a inoculação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* na solubilização de fosfato e na estrutura da comunidade microbiana de solo cultivado com videira, na região do Submédio Vale do São Francisco, em Petrolina-PE, com a variedade Sweet Celebration. O delineamento incluiu três tratamentos: controle (manejo padrão da fazenda), uma aplicação de *P. fluorescens* e quatro aplicações semanais, ambas na dosagem de 100 mL ha<sup>-1</sup>. Foram analisados o fósforo solúvel no solo e nas folhas, o pH do solo, as clorofilas A e B e a quantificação e identificação de microrganismos totais, incluindo bactérias, fungos e leveduras. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% e mostraram que a inoculação de *P. fluorescens* aumenta o fósforo solúvel no solo e nas folhas, incrementa as clorofilas A e B, reduz o pH e promove equilíbrio na comunidade microbiana do solo. Desse modo, a inoculação de *P. fluorescens* pode melhorar o manejo nutricional do fósforo da videira cultivada na região do Submédio do Vale do São Francisco.

**Palavras-chave:** *Pseudomonas fluorescens*; biodisponibilização; cultivar Sweet Celebration; Vale do São Francisco.

## Microbiological solubilization of phosphorus on nutritional management of grapevines

**ABSTRACT:** Phosphorus bioavailability for integrated phosphate fertilizer management involves using microorganisms that naturally make this element soluble for plants. The study evaluated the inoculation of the bacterium *Pseudomonas fluorescens* on phosphate solubilization and the structure of the microbial community in soil cultivated with grapevines in the Submiddle São Francisco Valley region of Petrolina, Pernambuco, using the Sweet Celebration variety. The design included three treatments: control (standard farm management), one application of *P. fluorescens*, and four weekly applications, both at a dose of 100 mL ha<sup>-1</sup>. Soluble phosphorus in soil and leaves, soil pH, chlorophylls A and B, and quantification and identification of total microorganisms, including bacteria, fungi, and yeasts, were analyzed. The data were subjected to the 5% Tukey test and demonstrated that inoculation with *P. fluorescens* increases soluble phosphorus in the soil and leaves, increases chlorophylls A and B, reduces pH, and promotes balance in the soil microbial community. Thus, inoculation with *P. fluorescens* may improve phosphorus nutritional management in grapevines grown in the Submiddle São Francisco Valley region.

**Keywords:** *Pseudomonas fluorescens*; bioavailability; cultivar *Sweet celebration*; São Francisco Valley.

### 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de uvas tem ganhado cada vez mais visibilidade na economia brasileira, com produção equivalente a 1,7 bilhão de toneladas ao ano, destinadas ao consumo in natura, e a produção de sucos, vinhos e derivados. Na região Semiárida, essa atividade é mais recente, porém já atinge aproximadamente 12.100 hectares, impulsionando a economia local por meio da geração de renda e da empregabilidade, especificamente no Submédio do Vale do São Francisco, que se destaca pelas inúmeras variedades de uvas cultivadas e bons níveis quali-quantitativos de produção (SOARES; LEÃO, 2023).

A videira é uma cultura de alta demanda nutricional, embora seja adequada às condições adversas do Semiárido, caracterizado pela abundância de solos pobres e rasos

(OLIOSI et al., 2020). A fruticultura é fortemente influenciada por fatores abióticos, como o clima, o tipo de solo e o manejo nutricional (BRUNETTO et al., 2020). Por essa razão, a fertilização é indispensável no cultivo da uva, mas seu uso excessivo desencadeia respostas morfofisiológicas que afetam negativamente a produtividade e a qualidade dos frutos (GAO et al., 2019).

Apesar de a adubação ser considerada fundamental para o desenvolvimento da agricultura, essa prática cultural pode ser um fator limitante, visto que muitos países não atendem às demandas internas. Esse cenário representa uma dependência de importações de insumos para atender à demanda do mercado interno e, em países como o Brasil, 70% dos fertilizantes são importados (COSTA et al., 2018). Segundo Mello (2023), o conflito entre Ucrânia e Rússia,

iniciado em 2022, desencadeou um aumento de até 40% nos preços de fertilizantes fosfatados, de 55% nos potássicos e de 70% nos nitrogenados. Desse modo, a busca por tecnologias que visem suprir a demanda por adubos no mercado interno tem sido emergencial, em virtude do crescimento considerável do investimento agrícola.

O fósforo (P) é um dos macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas, pois participa da fotossíntese, da absorção de outros nutrientes e da divisão celular. Embora seja significativo no solo, este elemento químico é insolúvel e indisponível aos tecidos vegetais, sendo fornecido por meio de fertilização química (GUPTA et al., 2012).

As bactérias solubilizadoras de fosfato são microrganismos que promovem o crescimento de plantas e se destacam por utilizar o fósforo fixado no perfil do solo (REDDY et al., 2020). Elas liberam substâncias orgânicas que acidificam o meio, e, portanto, substituem íons de P por cátions (NAMLI et al., 2017). Tahir et al. (2018) relataram que a inoculação destas bactérias aumenta a densidade populacional de outras bactérias solubilizadoras e o teor de fósforo, resultando em maior rendimento das culturas.

Dentre estes microrganismos, o gênero *Pseudomonas* é altamente eficiente na solubilização de fosfato. Amri et al. (2023), ao isolarem microrganismos solubilizadores em solos tunisianos, identificaram, com base no sequenciamento do gene 16S rRNA, que *Pseudomonas fluorescens* apresentou o maior potencial de solubilização de fosfato *in vitro*. Além disso, *P. striata* promoveu o crescimento e a produtividade do feijão mungo e aumentou a biomassa microbiana do solo (HASSAN et al., 2017).

Ademais, Júnior et al. (2024), ao isolarem microrganismos de solos associados a diferentes cultivares de videira no Vale do São Francisco, identificaram, entre outros isolados, *Pseudomonas* como um excelente potencial biotecnológico para promover o crescimento da videira, devido à sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN), produção de biofilme e solubilização de fosfato.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da inoculação de *Pseudomonas fluorescens* na solubilização de fosfato e na estrutura da comunidade microbiana do solo (bactérias, fungos e leveduras) e na supressão de microrganismos fitopatogênicos em solo cultivado com videira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Características gerais do local do experimento

O experimento foi conduzido de março a abril de 2023 na fazenda comercial Top Fruit, localizada no município de Petrolina – PE, nas coordenadas geográficas (9° 15' 17.2"S 40° 28' 51.3"W), em uma área de 0,5 ha<sup>-1</sup>, cultivada com a variedade de videira Sweet Celebration.

No local de estudo, as plantas encontravam-se na fase inicial da poda de produção. Desse modo, foram consideradas três filas centrais da área experimental como unidades amostrais e selecionadas plantas com aspectos de desenvolvimento semelhantes entre si, considerando uma planta de cada lado como bordadura (Figura 1).

Durante a condução do experimento, foram coletados dados climatológicos da estação meteorológica do projeto Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido (09°09'S, 40°22'W e 368 m), localizada a aproximadamente 5 km da área experimental (Embrapa Semiárido, 2025) (Figura 2).

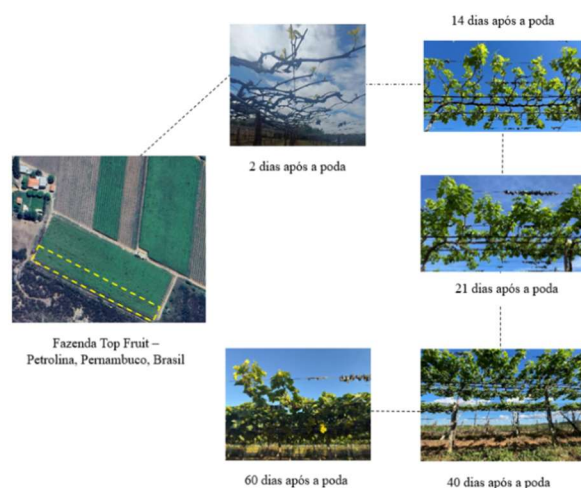


Figura 1. Fase vegetativa da videira "Sweet Celebration" cultivada em solo da fazenda Top Fruit localizada no município de Petrolina, Pernambuco, Brasil.

Figure 1. Vegetative stage of the "Sweet Celebration" vine grown in soil at the Top Fruit farm located in the municipality of Petrolina, Pernambuco, Brazil.

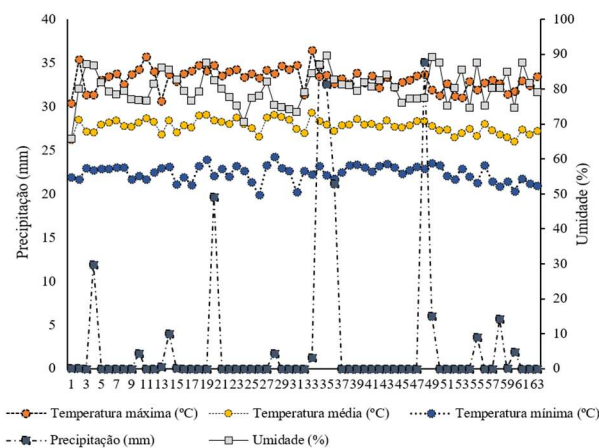


Figura 2. Temperatura máxima (°C), média (°C), mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica (mm) do município de Petrolina (PE), na estação meteorológica do projeto Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, localizada em Petrolina (março a abril de 2024).

Figure 2. Maximum temperature (°C), average (°C), minimum (°C), relative air humidity (%) and rainfall (mm) of the municipality of Petrolina (PE) obtained during the experiment through the meteorological station of the Bebedouro project, belonging to Embrapa Semiárido, located in Petrolina (March to April 2024).

### 2.2. Material biológico utilizado

O inóculo utilizado foi constituído pela bactéria *Pseudomonas fluorescens*, cepa ATcc 13525, pertencente ao produto comercial Hober Phos, produzido pela Fertibio Ltda. A inoculação ocorreu no sulco de plantio, por fertirrigação, com a lâmina correspondente a 1,0 L planta<sup>-1</sup> dimensionada em linhas gotejadoras suspensas a aproximadamente 1 metro do solo, na dosagem de 100 mL ha<sup>-1</sup>.

### 2.3. Análises executadas

As variáveis analisadas consideraram parâmetros do solo e da planta. Além disso, foram quantificados o pH e o fósforo solúvel, e realizadas a identificação e a quantificação de microrganismos totais, incluindo bactérias, fungos e

leveduras, antes e em 7, 14, 21 e 28 dias após cada aplicação da bactéria. Desse modo, foram coletadas amostras de folhas e de solo na profundidade de 0 a 20 cm, na região próxima à rizosfera das plantas, nos períodos citados anteriormente.

Para o material vegetal, foi analisado o teor de fósforo solúvel aos 26 dias após a poda, destacando-se quatro folhas sadias por planta, com pecíolos opostos ao primeiro cacho, a partir da base do ramo principal, no sistema de condução da planta, e reservadas à temperatura de -3 °C. O teor relativo de clorofilas A e B foi mensurado com o clorofilômetro clorofilOG - FALKER® com leitura em comprimento de onda de 635 nm, aos 26, 33 e 40 dias após a poda.

O pH foi medido pela concentração efetiva de íons H<sup>+</sup> por meio de um eletrodo combinado. A partir de uma amostragem composta do solo, adicionaram-se 10 g a 90 mL de água destilada e deixaram-se em repouso por 24 h. Decorrido esse tempo, foram inseridos o eletrodo e o sensor de temperatura para a leitura do pH da solução.

O fósforo solúvel da planta foi determinado por meio da moagem do material e da digestão em ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio (THOMAS et al., 1967). A curva padrão de P foi determinada a partir de concentrações de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1 ppm (Figura 3). Após o estabelecimento da curva, o teor de P foi mensurado por colorimetria, com base na intensidade da coloração do complexo fosfomolibdico (MURPHY; RILEY 1962). No caso, foi determinado conforme a metodologia adotada em um laboratório comercial.

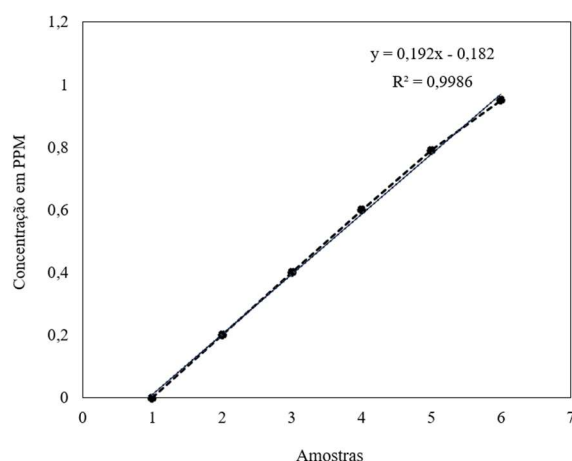


Figura 3. Curva padrão de fósforo obtida a partir das concentrações (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 ppm) em tubos de ensaio graduados de 25 mL, após a digestão das amostras em ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio.

Figure 3. Standard phosphorus curve obtained from concentrations (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1 ppm) in 25 mL graduated test tubes, from the digestion of samples in sulfuric acid and hydrogen peroxide.

A quantificação de microrganismos solubilizadores de fosfato realizou-se por meio da técnica de espalhamento em superfície, em placas de Petri contendo meio BDA suplementado com  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1g L<sup>-1</sup> e  $\text{CaCl}_2$  0,87g. Dessa forma, amostras de solo foram diluídas a 10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-3</sup> em solução salina a 0,85%. Após a transferência do material, foi inoculada em placas uma suspensão de 100 µL, espalhada com alça de Drigalski e incubada em estufa bacteriológica por 7 dias a 28 ± 2 °C. Após esse período, os microrganismos foram identificados com auxílio de um microscópio óptico, com base em suas características morfológicas.

## 2.4. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três tratamentos: testemunha absoluta, com adubação química padrão da fazenda (80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, 160 kg ha<sup>-1</sup> de potássio e quantidades moderadas de micronutrientes); tratamento do solo com a adubação padrão da fazenda + uma única aplicação com 100 mL ha<sup>-1</sup> de *P. fluorescens* e tratamento do solo com a adubação padrão da fazenda + quatro aplicações com 100 mL ha<sup>-1</sup> de *P. fluorescens* a cada sete dias. O ensaio teve início no terceiro dia antes da poda e foi finalizado aos 18 dias após a poda. Cada tratamento foi avaliado em três repetições, totalizando 27 parcelas amostrais. As análises foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação da bactéria no solo. Os dados foram processados pelo software estatístico Sisvar, por meio de análise de variância, aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. pH do solo

No pH do solo, foi identificado um equilíbrio entre os tratamentos. No entanto, pode ser observada uma tendência de redução nos solos tratados com *P. fluorescens*, tanto semanalmente quanto em uma única aplicação, apresentando valores iniciais de aproximadamente 6,7 e atingindo 6,48 com uma aplicação de microrganismos e 6,38 com quatro aplicações (Figura 4).

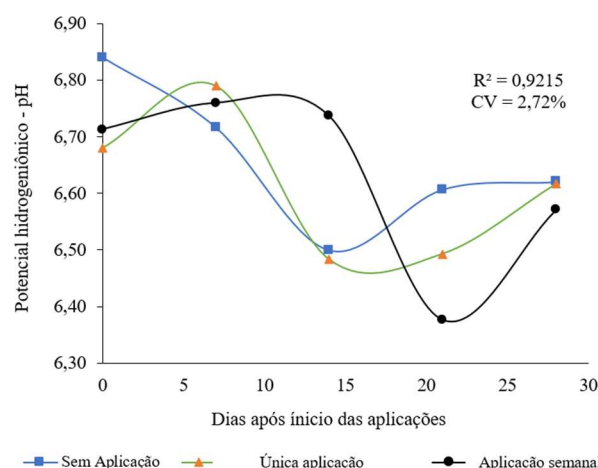


Figura 4. Potencial hidrogeniônico (pH) do extrato de saturação do solo em função da aplicação única e semanal de *Pseudomonas fluorescens* no cultivo de videira cv. Sweet Celebration no município de Petrolina - PE.

Figure 4. Hydrogen potential (pH) of the soil saturation extract as a function of the single and weekly application of *Pseudomonas fluorescens* (Hoher PHOS) in the cultivation of grapevine cv. Sweet Celebration in the municipality of Petrolina - PE.

### 3.2. Fósforo solúvel no solo

Com relação ao fósforo solúvel no solo, houve diferenças significativas entre os tratamentos estudados, sendo que o tratamento com quatro inoculações, tanto aplicadas semanalmente quanto em uma única vez, foi semelhante entre si e superior ao controle (Figura 5).

### 3.3. Fósforo solúvel na folha

Na folha, o fósforo apresentou o mesmo desempenho observado no solo aos 26 dias após a poda. Neste sentido, existiram diferenças significativas entre os tratamentos,



obtendo médias de 150,51, 146,35 e 134,05 mg kg<sup>-1</sup> de P solúvel para aplicação semanal, aplicação única e sem aplicação, respectivamente (Figura 6).

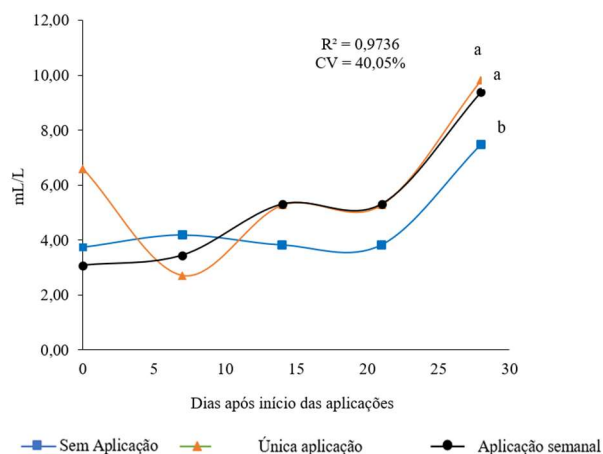


Figura 5. Fósforo solúvel de solo (mL L<sup>-1</sup>) cultivado com videira cv. Sweet Celebration em função da aplicação de *Pseudomonas fluorescens* no município de Petrolina – PE.

Figure 5. Soil soluble phosphorus (mL L<sup>-1</sup>) cultivated with grapevine cv. Sweet Celebration as a function of the application of *Pseudomonas fluorescens* in the municipality of Petrolina – PE.

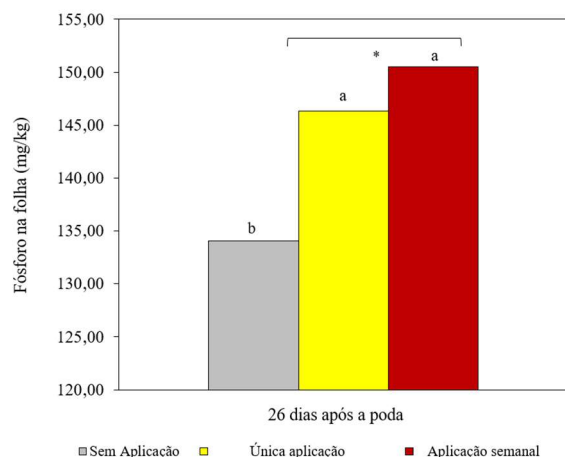


Figura 6. Fósforo solúvel na folha (mg kg<sup>-1</sup>) de videira cv. Sweet Celebration em função da aplicação de *Pseudomonas fluorescens* no município de Petrolina – PE.

Figure 6. Soluble phosphorus in the leaf (mg kg<sup>-1</sup>) of grapevine cv. Sweet Celebration as a function of the application of *Pseudomonas fluorescens* in the municipality of Petrolina – PE.

### 3.4. Teor relativo de clorofila A e B

Os testes fisiológicos relacionados às clorofilas A e B revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, em que a aplicação de Hober PHOS foi realizada semanalmente e uma única vez, quando comparados ao solo sem a bactéria. Para a clorofila A, a inoculação única e semanal, os teores mantiveram-se semelhantes entre si, quando comparados ao controle na primeira avaliação, já as aplicações semanais, possuíram maiores médias quando comparadas aos tratamentos que possuíam única aplicação e controle. O comportamento da clorofila B diferenciou-se daquela da clorofila A apenas aos 26 e 33 DAP. Na primeira época de avaliação, o controle apresentou maiores médias, enquanto na segunda, o tratamento de única aplicação se sobressaiu em relação aos demais (Figura 7).

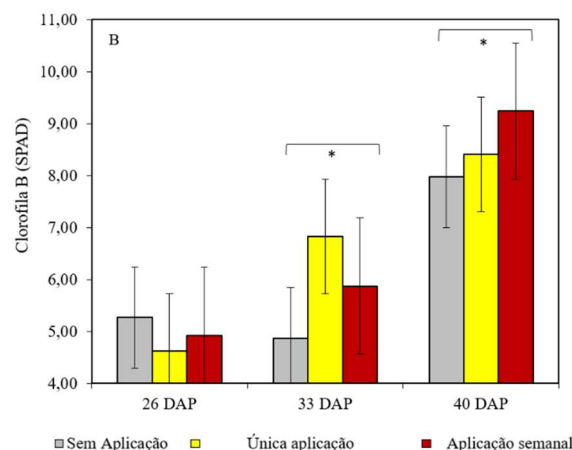
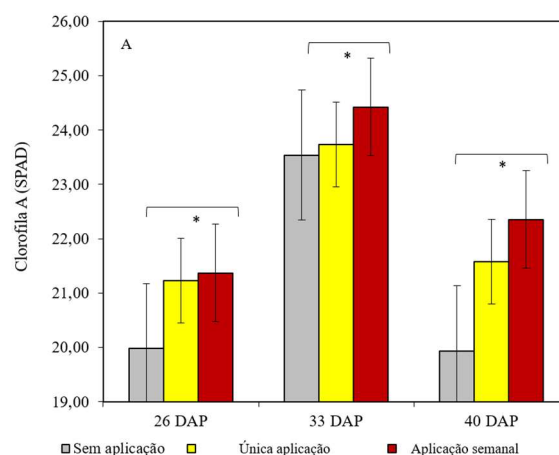


Figura 7. Clorofila A (6A) e B (6B) avaliadas a partir de clorofilômetro Clorofil Falker em plantas de videira cv. Sweet Celebration aos 26, 33 e 40 dias após a poda (DAP) em função da aplicação de *Pseudomonas fluorescens* no município de Petrolina – PE.

### 3.5. Identificação da microbiota do solo

Levando em consideração os aspectos microbiológicos do solo, verificou-se que, além da capacidade do inoculante HoberPhos, contendo células de *P. fluorescens*, de solubilizar fosfato, também se mostrou como potencial supressor de microrganismos fitopatogênicos que acometem a cultura da uva, principalmente *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Xanthomonas* sp., *Lasiodiplodia* sp. e *Colletotrichum* sp. Verificou-se que, ao longo das aplicações, a densidade populacional de células microbianas fitopatogênicas diminuía, sendo observada, aos 28 dias após o início das aplicações, a presença apenas de microrganismos supressivos no solo (Figura 8).

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. pH do solo

O comportamento observado no trabalho pode estar relacionado a vários fatores, entre eles o manejo da fazenda e a aplicação de *P. fluorescens*. Por se tratar de uma propriedade com sistema de agricultura convencional, outros insumos podem ter sido aplicados durante a condução deste experimento, contribuindo para a redução do pH do solo estudado.

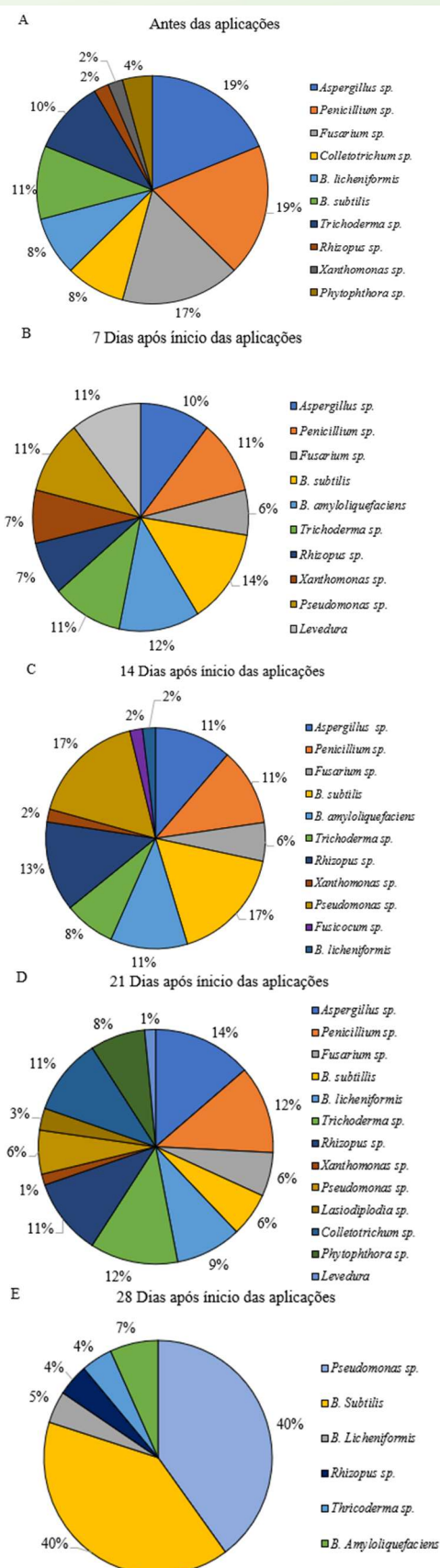


Figura 8. Aspectos microbiológicos de solo com cultivo de plantas de videira cv. Sweet Celebration antes (A), 7 (B), 14 (C), 21 (D) e 28 (E) dias após a aplicação de *Pseudomonas fluorescens* no município de Petrolina – PE.

Figure 8. Microbiological aspects of soil with cultivation of grapevine plants cv. Sweet Celebration before (a), 7 (b), 14 (c), 21 (d) and 28 (e) days after applications of *Pseudomonas fluorescens* in the municipality of Petrolina - PE.

Outrossim, nos solos onde houve aplicação da bactéria, os valores se mantiveram ligeiramente inferiores em relação ao controle, tanto com o manejo convencional quanto na presença de *P. fluorescens*. Essa alteração pode estar associada ao mecanismo de liberação de ácidos orgânicos por microrganismos solubilizadores de fosfato (VIJAYAKUMAR; RAJASEKHARAN, 2016). Em função disso, a presença dessas substâncias no ambiente é acompanhada de uma diminuição do pH, mesmo na ausência de correlação entre a quantidade de fósforo solubilizado e as faixas de pH (ZHAO et al., 2014).

Para Sowmya et al. (2020), ao estudarem microrganismos solubilizadores de P *in vitro*, relevaram que há uma relação direta entre a solubilização de fósforo e a acidificação do meio de cultura. Isso porque esta condição permite a precipitação do P e o sequestro de cálcio pelos ácidos orgânicos, resultando em sua redução da biodisponibilidade (INGLE et al., 2017). Ademais, Aliyat et al. (2022) mostraram que a produção de ácidos orgânicos por estes microrganismos reduz o pH do meio em que são cultivados. Esse resultado corrobora o encontrado por Sánchez-González et al. (2023), que, ao avaliarem cinco linhagens bacterianas, relataram que, dentre elas, *Pseudomonas libanensis* e *Bacillus siamensis* são tolerantes a níveis de pH ácidos ou alcalinos, bem como solubilizam fosfato de cálcio e de ferro em ambas as condições.

Desse modo, as faixas de pH encontradas neste estudo não influenciaram a disponibilidade de P, nem o estabelecimento da cultura em campo, visto que o P disponível é encontrado principalmente em solos com pH próximo à neutralidade e a videira se desenvolve em faixas entre 6 e 6,5 (FITRIATIN et al., 2022).

#### 4.2. Fósforo solúvel no solo

Além disso, os níveis de P são geralmente elevados, embora cerca de 95 a 99% esteja na forma insolúvel (PRADHAN et al., 2005). A concentração solúvel, isto é, disponível para as plantas, geralmente é baixa, com estimativa de 1 mg L<sup>-1</sup> em solos fortemente fertilizados (SHARMA et al., 2013).

Por essa razão, o uso de técnicas, como bactérias solubilizadoras, pode representar uma estratégia promissora para melhorar a eficiência na absorção de P pelas culturas (KHAN et al., 2021). Yu et al. (2022), estudando o efeito da cepa JP233 de *Pseudomonas sp.*, verificaram forte influência na liberação de P solúvel, atingindo valores de 258,07 mg L<sup>-1</sup> de fosfato de cálcio em até 48 h, representando uma eficiência de aproximadamente 26%. Porém, a literatura indica que há variação na dissolução de P entre cepas de *Pseudomonas*. As buscas relatam que *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. lúrida* dissolvem entre 29,80, 319,00 e 35,40 mg L<sup>-1</sup> de P solúvel (HARIPRASAD; NIRANJANA, 2009; SELVAKUMAR et al., 2011; AHMAD et al., 2013).

Nesta pesquisa, independentemente da frequência de aplicação de *P. fluorescens*, a concentração de P disponibilizada não foi influenciada, atingindo médias de aproximadamente 29 mL L<sup>-1</sup> ao final das cinco coletas, com intervalo semanal. Esse comportamento é benéfico, por proporcionar economia no manejo da fazenda, bem como por assegurar que o tempo de sobrevivência da cepa no solo é alto, uma vez que, no tratamento que recebeu apenas uma aplicação, mantiveram-se resultados semelhantes aos obtidos com aplicação semanal.

Os resultados corroboram os apresentados por Duan et al. (2021), que, ao estudarem rizobactérias promotoras de crescimento em videira sob estresse hídrico, verificaram que, nos tratamentos inoculados, houve aumento significativo nos teores de P, bem como nas atividades enzimáticas do solo associadas a este elemento, como a fosfatase alcalina.

#### 4.3. Fósforo solúvel na folha

Depois do nitrogênio, o fósforo é considerado um dos elementos químicos mais importantes para o desenvolvimento das plantas. Várias pesquisas relatam que plantas inoculadas com bactérias solubilizadoras de fosfato tendem a apresentar maior crescimento e maior teor de P em seus tecidos (DEY et al., 2001; FERNÁNDEZ et al., 2007; VIKRAM et al., 2008).

Embora não haja diferenças significativas entre a aplicação única e a semanal no nosso experimento, há um incremento maior de P nos tecidos foliares de plantas de videira inoculadas com *P. fluorescens* a cada 7 dias. Esse comportamento pode estar associado ao aumento da densidade populacional desse microrganismo no solo, o que torna a disponibilidade de P mais acessível às plantas.

Não foram encontradas na literatura abordagens sobre o aumento do teor de P em plantas de videira inoculadas com *P. fluorescens*. Porém, registram-se discussões relevantes sobre o acréscimo de P em plantas de arroz inoculadas com *Pseudomonas* spp. cepas MR11 e MR34 (RASUL et al., 2019). Além disso, Kurek et al. (2013), ao estudarem a inoculação de *P. luteola* em macieiras jovens em casa de vegetação, verificaram incremento de P, K e Ca nas folhas da planta. Outrossim, Amaral et al. (2020), relataram adição de P em milho a partir da inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfato.

Recentemente, Ghorehshizadeh et al. (2024), isolando e inoculando *Pseudomonas taetrolensis* ULE-PH5 e *Pseudomonas* sp. Em ULE-PH6, em lúpulo cultivado em estufa, observou-se maior absorção de fosfato do solo e acúmulo de fósforo nos caules, pecíolos e folhas.

#### 4.4. Teor relativo de clorofila A e B

O incremento de P nas plantas intensifica diretamente a síntese e a decomposição da clorofila em tecidos fotossintéticos ativos. Além disso, o aumento da clorofila auxilia no desenvolvimento das plantas, uma vez que este pigmento absorve a luz utilizada na fotossíntese, convertendo-a em ATP e NADPH (ZHAN et al., 2015; TAI; ZEIGER, 2004).

O desempenho destes resultados é promissor para o cultivo de videira. Aos 33 DAP, a planta necessita de maior demanda nutricional, uma vez que se encontra em estágio vegetativo e apresenta maior aquisição de macronutrientes, como NPK. Dessa forma, o fornecimento de P, por meio da solubilização biológica, pode ter incrementado significativamente a síntese de clorofila, não só aos 33 DAP, como também aos 40 DAP, garantindo melhorias na fotossíntese e, conseqüentemente, na formação de brotos.

Além disso, a presença de inoculantes solubilizadores impacta positivamente o acúmulo de pigmentos nas plantas; ou seja, em alguns casos, quanto maior a dose, maior será a quantidade de clorofila e carotenoides. Na pesquisa realizada por Souza et al. (2022), reforça esta discussão, uma vez que a inoculação de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* em feijoeiro

proporcionou sinergismo em pigmentos primários da planta, incrementando diretamente o crescimento da cultura. Do mesmo modo, Ibrahim; Ikhajagbe (2021) verificaram um aumento significativo nas concentrações de clorofila A e B em mudas de arroz inoculadas com *B. cereus*.

#### 4.5. Identificação da microbiota do solo

O gênero *Pseudomonas*, além de promover o crescimento de plantas pela solubilização de fosfato, também apresenta algumas cepas com capacidade de realizar controle biológico de doenças do solo, por meio de mecanismos como competição, produção de sideróforos, indução de resistência e síntese de antibióticos. Em um estudo realizado por Fox et al. (2016), relatam que a inoculação de *P. protegens* melhora a saúde e o crescimento de plantas anuais.

Outrossim, Andreolli et al. (2019), trabalhando com a mesma espécie bacteriana citada, verificaram atividade antifúngica de *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum* e *Neofusicoccum parvum*. Além da estirpe mencionada, existem relatos que englobam *Bacillus amyloliquefaciens* como um excelente potencial de inibição de uma diversidade de fungos fitopatogênicos em videira (LO PICCOLO et al., 2016). Do mesmo modo, *P. fluorescens* e *B. subtilis* reduziram significativamente o tombamento de mudas de pepino, causado por *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* (FADHAL et al., 2019).

Já se sabe que há alguns grupos de bactérias que englobam tanto a filosfera quanto a rizosfera das plantas. Pesquisas voltadas para desvendar o microbioma de videira, relatam predominância de gêneros como *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Acinetobacter* e *Methylobacterium* (ZARRAONAINDIA et al., 2015; KECSKEMÉTI et al., 2016).

Neste estudo, além das aplicações de *P. fluorescens* ao decorrer do ciclo experimental, fatores climáticos também podem ter contribuído para que espécies de alguns microrganismos como fungos, tivessem sua densidade populacional reduzida, uma vez que a temperatura se manteve estável, na faixa de 30°C e os níveis de precipitação não foram tão significativos, proporcionando condições ideais para reduzir a abundância de alguns patógenos. Desse modo, a área superficial do solo tornou-se mais apta a ser colonizada por espécies de microrganismos mais competitivas, como *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Trichoderma*.

A inoculação com *P. fluorescens* influenciou positivamente a comunidade microbiana, com incrementos na densidade e na diversidade de bactérias, fungos e leveduras não patogênicas. Esse comportamento indica que a bactéria promoveu um ambiente mais equilibrado e competitivo na rizosfera, favorecendo microrganismos benéficos e potencialmente envolvidos em processos como a mineralização e a ciclagem de nutrientes.

Além disso, a competitividade da estirpe inoculada torna-se capaz de oferecer tais resultados, como mencionado por Nie et al. (2015), que relatam que inoculantes à base de *Pseudomonas fluorescens* podem manter o equilíbrio da comunidade microbiana do solo. Nesse sentido, o uso dessa tecnologia em culturas perenes pode se tornar uma oportunidade para aumentar a assimilação e a absorção de P, principalmente quando se trata de culturas convencionais, nas quais se utilizam ferramentas químicas, como adubos e agrotóxicos em excesso.



## 5. CONCLUSÕES

A inoculação com *Pseudomonas fluorescens*, de forma única ou semanal, melhorou a eficiência na absorção de fósforo pelas folhas e contribuiu para o aumento dos teores de P no solo cultivado com videira Sweet Celebration.

Além disso, a inoculação bacteriana aumentou os teores de pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas A e B, e reduziu o pH do solo, bem como a comunidade de fungos e bactérias potencialmente fitopatogênicos presentes na rizosfera da videira.

## 6. REFERÊNCIAS

- AHMAD, E.; KHAN, M. S.; ZAIDI, A. ACC deaminase producing *Pseudomonas putida* strain PSE3 and *Rhizobium leguminosarum* strain RP2 in synergism improve growth, nodulation and yield of pea grown in alluvial soils. **Symbiosis**, v. 61, p. 93-104, 2013. <https://doi.org/10.1007/s13199-013-0259-6>
- ALIYAT, F. Z.; MALDANI, M.; EL GUILLI, M.; NASSIRI, L.; IBIBIJEN, J. Phosphate-solubilizing bacteria isolated from phosphate solid sludge and their ability to solubilize three inorganic phosphate forms: calcium, iron, and aluminum phosphates. **Microorganisms**, v. 10, n. 5, e980, 2022. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050980>
- AMARAL L. A.; CARDOSO, A. A. de S.; LEITE, R. de A.; DE OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; LUSTOSA FILHO, J. F.; MOREIRA, F. M. de S.; MELO, L. C. A. Selected bacterial strains enhance phosphorus availability from biochar-based rock phosphate fertilizer. **Annals of Microbiology**, v. 70, n. 6, p. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01550-3>
- AMRI, M.; RJEIBI, M. R.; GATROUNI, M.; MATEUS, D. M. R.; ASSES, N.; PINHO, H. J. O.; ABBES, C. Isolation, identification, and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from Tunisian Soils. **Microorganisms**, v. 11, n. 3, e783, 2023. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030783>
- ANDREOLLI, M.; GIACOMO, Z.; ELISA, A.; GIANLUCA, L.; SILVIA, L.; GIOVANNI, V. *Pseudomonas protegens* MP12: A plant growth-promoting endophytic bacterium with broad-spectrum antifungal activity against grapevine phytopathogens. **Microbiological Research**, v. 219, p. 123-131, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.11.003>
- ANDREOLLI, M.; LAMPIS, S.; ZAPPAROLI, G.; ANGELINI, G. Vallini Diversity of bacterial endophytes in 3 and 15-year-old grapevines of *Vitis vinifera* cv. Corvina and their potential for plant growth promotion and phytopathogen control. **Microbiology Research**, v. 183, p. 42-52, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.009>
- BRUNETTO, G.; RICACHENEVSKY, F. K.; STEFANELLO, L. O.; PAULA, B. V.; KULMANN, M. S.; TAINARI, A.; MELO, G. W. B.; NATALE, W.; ROZNE, D. E.; CIOTTA, M. N.; BRIGHENTI, A. F.; COMIN, J. J.; LOURENZI, C. R.; LOSS, A.; SCHMITT, D. E.; ZALAMENA, J.; CONTI, L.; TIECHER, T. L.; SOUZA, A. L. K.; BEM, B. P. Diagnosis and management of nutrient constraints in grape. In: BRUNETTO, G. (Ed.). **Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. United States: Elsevier, 2020, p. 693-710.
- COSTA, P.; AMORIM, M.; ALVES, R.; RAYMUNDO, J. A dependência de importações no suprimento da demanda de fertilizantes no Brasil e sua entrada pelo porto de Santos. **Revista Produção Industrial e Serviços**, v. 5, n. 2, p. 53-65, 2018.
- Embrapa Semiárido. **Dados agrometeorológicos do Vale do São Francisco**. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/dados-agrometeorologicos-do-vale-do-sao-francisco>
- DEY, R.; PAL, K. K.; BHATT, D. M. Chauhan growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. **Microbiology Research**, v. 159, n. 4, p. 371-394, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2004.08.004>
- DUAN, B.; LI, L.; CHEN, G.; SU-ZHOU, C.; LI, Y.; MERKERYAN, H.; LIU, W.; LIU, X. Aminocyclopropane-1-Carboxylate deaminase-producing plant growth-promoting rhizobacteria improve drought stress tolerance in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. 3, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.706990>
- FADHAL, F. A.; AL-ABEDY, A. N.; ALKHAFFIJE, D. A. Isolation and molecular identification of *Rhizoctonia solani* and *Fusarium solani* isolated from cucumber (*Cucumis sativus* L.) and their control feasibility by *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 29, n. 47, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0145-5>
- FERNÁNDEZ, L. A.; ZALBA, P.; GÓMEZ, M. A. Sagardoy phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, p. 805-809, 2007. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0172-3>
- FITRIATIN, B. N.; FAUZIAH, D. A.; HINDERSAH, R.; SIMARMATA, T. The Influence of different acidic conditions on the plant growth-promoting rhizobacteria activity of phosphate-solubilizing bacteria. **KnE Life Sciences**, v. 7, n. 3, p. 72-78, 2022. <https://doi.org/10.18502/cls.v7i3.11108>
- FOX, A. R.; SOTO, C. G.; VALVERDE, D. R.; LAGARES JUNIOR, A.; ZORREGUIETA, K. A.; ALLEVA, C.; PASCUAN, R.; FRARE, J.; MERCADO-BLANCO, R.; DIXON, N. D. Ayub Major cereal crops benefit from biological nitrogen fixation when inoculated with the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas protegens* Pf-5 X940. **Environmental Microbiology**, v. 18, n. 10, p. 3522-3534, 2016. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13376>
- GAO, Q.; XIONG, T.; LI, X.; CHEN, W.; ZHU, X. Calcium and calcium sensors in fruit development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 253, p. 412-21, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.069>
- GHORESHIZADEH, S.; CALVO-PENÁ, C.; RUIZ-MUÑOZ, M.; OTERO-SUÁREZ, R.; COQUE, J.J.R.; COBOS, R. *Pseudomonas taetrolens* ULE-PH5 and *Pseudomonas* sp. ULE-PH6 isolated from the hop rhizosphere increase phosphate assimilation by the plant. **Plants**, v. 13, n. 3, e402, 2024. <https://doi.org/10.3390/plants13030402>
- GUPTA, M.; KIRAN, S.; GULATI, A.; SINGH, B.; TEWARI, R. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria able to enhance the growth and

- aloin-a biosynthesis of *Aloe barbadensis* Miller. **Microbiology Research**, v. 16, n. 6, p. 358-363, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2012.02.004>
- HAIYANG, Y.; XIAOQING, W.; ZHANG, G.; ZHOU, F.; HARVEY, P. R.; WANG, L.; FAN, S.; XIE, X.; LI, F.; ZHOU, H.; ZHAO, X.; ZHANG, X. Identification of the phosphorus-solubilizing bacteria strain JP233 and its effects on soil phosphorus leaching loss and crop growth. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 1-12, 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.892533>
- HARIPRASAD, P.; NIRANJANA, S.R. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. **Plant Soil**, v. 316, p. 13-24, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9754-6>
- HASSAN, W.; BASHIR, S.; HANIF, S.; SHER, A.; SATTAR, A.; WASAYA, A.; ATIF, H.; HUSSAIN, M. Phosphorus solubilizing bacteria and growth and productivity of mung bean (*Vigna radiata*). **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, n. 3, p. 331-336, 2017.
- IBRAHIM, M. S.; IKHAJIAGBE, B. The growth response of rice (*Oryza sativa* L. var. FARO 44) in vitro after inoculation with bacterial isolates from a typical ferruginous ultisol. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 45, n. 70, p. 1-20, 2021. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00528-8>
- INGLE, K. P.; PADOLE, D. A. Phosphate-solubilizing microbes: An overview. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 1, p. 844-852, 2017. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.601.099>
- JÚNIOR, J. P. M.; FRACETTO, G. M.; FRACETTO, F. J. C.; SILVA, D. J.; JÚNIOR, M. A.; BARROS, F. M. Prospecting plant growth-promoting rhizobacteria in grapevines in the São Francisco Valley. **Revista Caatinga**, v. 37, e523, 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v37i11523rc>
- KECSKEMÉTI, E.; BERKELMANN-LÖHNERTZ, B.; REINEKE, A.D. Cantu Are epiphytic microbial communities in the carposphere of ripening grape clusters (*Vitis vinifera* L.) different between conventional, organic, and biodynamic grapes?. **Plos One**, v. 11, n. 3, p. 1-23, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160852>
- KHAN, N.; ALI, S.; SHAHID, M. A.; MUSTAFA, A.; SAYYED, R. Z.; CURÁ, J. A. Insights into the interactions among roots, rhizosphere, and rhizobacteria for improving plant growth and tolerance to abiotic stresses: a review. **Cells**, v. 10, n. 6, e1151, 2021. <https://doi.org/10.3390/cells10061551>
- KUREK, E.; OZIMEK, E.; SOBICZEWSKI, P.; SŁOMKA, A.; JAROSZUK-ŚCISEŁ, J. Effect of *Pseudomonas luteola* on mobilization of phosphorus and growth of young apple trees (Ligol)-Pot experiment. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 270-276, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.012>
- MELLO, M. **Como a guerra na Ucrânia afetou o mercado de fertilizantes?** Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/agricultura/como-a-guerra-na-ucrania-afetou-o-mercado-de-fertilizantes/#:~:text=Apesar%20do%20aumento%20dos%20pre%C3%A7os,inclu%C3%ADram%20as%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20desses%20insumos>> Acesso em: 24 fev. 2024.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)
- NAMLI, A.; MAHMOOD, A.; SEVILIR, B.; ÖZKIR, E. Effect of phosphorus-solubilizing bacteria on some soil properties, wheat yield and nutrient contents. **Eurasian Journal of Soil Science**, v. 6, n. 3, p. 249-258, 2017. <https://doi.org/10.18393/ejss.293157>
- NIE, M.; BELL, C.; WALLENSTEIN, M. D.; PENDALL, E. Increased plant productivity and decreased microbial respiratory C loss by plant growth-promoting rhizobacteria under elevated CO<sub>2</sub>. **Scientific Reports**, v. 5, p. 1-6, 2015. <https://doi.org/10.1038/srep09212>
- OLIOSI, G.; PARTELLI, F. L.; SILVA, C. A.; DA, D. D.; GONTIJO, I.; TOMAZ, M. A. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of conilon coffee genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 74-85, 2020. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1792492>
- PRADHAN, N.; SUKLA L.B. Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil, **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 10, p. 850 - 854, 2005.
- RASUL, M.; YASMIN, S.; ZUBAIR, M.; MAHREEN, N.; YOUSAF, S.; ARIF, M.; MIRZA, M. S. Phosphate solubilizers as antagonists for bacterial leaf blight with improved rice growth in phosphorus-deficient soil. **Biological Control**, v. 136, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.05.016>
- REDDY, V. R. P.; ASKI, M. S.; MISHRA, G. P.; DIKSHIT, H. K.; SINGH, A.; PANDEY, R.; SINGH, M. P.; RAMTEKEY, V.; RAI, N.; NAIR, R. M. Genetic variation for root architectural traits in response to phosphorus deficiency in mungbean at the seedling stage. **Plos One**, v. 15, n. 6, p. 1-21, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221008>
- SANCHEZ-GONZALEZ, M. E.; MORA-HERRERA, M. E.; WONG-VILLARREAL, A.; DE LA PORTILLA-LÓPEZ, N.; SANCHEZ-PAZ, L.; LUGO, J.; VACA-PAULÍN, R.; DEL AGUILA, P.; YAÑEZ-OCAMPO, G. Effect of pH and Carbon Source on Phosphate Solubilization by Bacterial Strains in Pikovskaya Medium. **Microorganisms**, v. 11, n. 1, e49, 2023. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010049>
- SELVAKUMAR, G.; JOSHI, P.; SUYAL, P.; MISHRA, P. K.; JOSHI, G. K.; BISHT, J. K.; BHATT, J. C.; GUPTA, H. S. *Pseudomonas lurida* M2RH3 (MTCC 9245), a psychrotolerant bacterium from the Uttarakhand Himalayas, solubilizes phosphate and promotes wheat seedling growth. **World Journal Microbiology Biotechnology**, v. 27, p. 1129-1135, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0559-4>
- SHARMA S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate-solubilizing microbes: a sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, n. 587, p. 1-14, 2013. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
- SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Caracterização social e econômica da cultura da videira.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/884525/1/Cultivo-da-Videira.pdf>>. Acesso em: 07 fev. de 2025.



- SOUZA, A. E. S.; BARBOSA JÚNIOR, M. R.; MOREIRA, B. R. de A.; DA SILVA, R. P.; LEMOS, L. B. UAV Multispectral Data: A Reliable Approach for Managing Phosphate-Solubilizing Bacteria in Common Bean. **Agronomy**, v. 12, n. 10, e2284, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102284>
- SOWMYA, S.; REKHA, P. D.; YASHODHARA, I.; KARUNAKARA, N.; ARUN, A. B. Uranium tolerant phosphate solubilizing bacteria isolated from Gogi, a proposed uranium mining site in South India. **Applied Geochemistry**, v. 114, e104523, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104523>
- TAHIR, M.; KHALID, U.; IJAZ, M.; SHAH, G. M.; NAEEM, M. A.; SHAHID, M.; MAHMOOD, K.; AHMAD, N.; KAREEM, F. Combined application of bio-organic phosphate and phosphorus solubilizing bacteria (*Bacillus* strain MWT 14) improve the performance of bread wheat with low fertilizer input under an arid climate. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 1, p. 15-24, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.11.005>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- THOMAS, R. L.; SHEARD, R. W.; MOYER, J. R. Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using a single digest. **Agronomy Journal**, v. 59, p. 240-243, 1967. <https://doi.org/10.2134/agronj1967.00021962005900030010x>
- VIJAYAKUMAR, A.; RAJASEKHARAN, R. Distinct roles of alpha/beta hydrolase domain containing proteins. **Biochemistry & Molecular Biology Journal**, v. 2, n. 3, p. 1-3, 2016. <https://doi.org/10.21767/2471-8084.100027>
- VIKRAM, A.; HAMZEHZARGHANI, H. Effect of phosphate-solubilizing bacteria on nodulation and growth parameters of greengram (*Vigna radiata* L. Wilczek). **Research Journal of Microbiology**, v. 3, n. 2, p. 62-72, 2008.
- ZARRAONAINDIA, S. M.; OWENS, P.; WEISENHORN, K.; WEST, J.; MARCELL, J. H.; LAX, S.; BOKULICH, N. A.; MILLS, D. A.; MARTIN, G.; TAGHAVI, S.; LELIE, D. V.; GILBERT, J. A. The soil microbiome influences grapevine-associated microbiota. **mBio**, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2015. <https://doi.org/10.1128/mbio.02527-14>
- ZHANG, F.; GAO, S.; ZHAO, Y.; ZHAO, X.; LIU, X.; XIAO, K. Growth traits and nitrogen assimilation-associated physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) under low and high N conditions. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 7, p. 1295-1308, 2015. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60957-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60957-6)
- ZHAO, K.; PENTTINEN, P.; ZHANG, X.; AO, X.; LIU, M.; YU, X.; CHEN, Q. Maize rhizosphere in Sichuan, China, hosts plant growth promoting *Burkholderia cepacia* with phosphate solubilizing and antifungal abilities. **Microbiology Research**, v. 169, n. 1, p. 76-82, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.07.003>

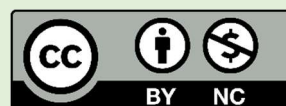
**Agradecimentos:** Agradecemos às empresas Ballagro Agro Tecnologia LTDA, Agrios Laboratório e a fazenda Top Fruit por nos cederem estrutura para a realização da nossa pesquisa.

**Contribuições dos autores:** S.A.A.S. – Investigação ou coleta de dados; B.B.G.A. – Análise estatística: colaboração na aplicação de técnicas e métodos de análise de dados; O.Y.L.S. – Investigação ou coleta de dados; D.D.F.S. – Obtenção de financiamento; G.M.A. – Metodologia, contribuição relacionada ao desenvolvimento da metodologia científica aplicada na pesquisa; S.D.R. – Investigação ou coleta de dados.

**Financiamentos:** Ballagro Agro Tecnologia Ltda; Agrios Biotecnologia Vegetal.

**Disponibilidade de dados:** Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos por e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente ou ao segundo autor.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



**Copyright:** © 2025 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).